

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-231919

(43)Date of publication of application : 19.08.2003

(51)Int.Cl. C21D 8/06  
C22C 38/00  
C22C 38/58

(21)Application number : 2002-034151 (71)Applicant : SUMITOMO DENKO STEEL WIRE KK

(22)Date of filing : 12.02.2002 (72)Inventor : FUJINO YOSHIRO  
MATSUMOTO TAKESHI  
KAWABE NOZOMI

## (54) PRODUCTION METHOD FOR STAINLESS STEEL WIRE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for producing a lower-cost stainless steel wire having sufficient strengths required especially for a spring material.

**SOLUTION:** This method comprises a first wire drawing step wherein an austenite stainless steel wire material containing at least 0.04 wt.% C is subjected to wire drawing at a process temperature of 150° C or lower with a processing ratio of 60% or higher but not higher than 90%; a heat treatment step wherein the above-obtained wire material is subjected to such a heat treatment at 600° C or higher but not higher than 900° C that the maximum diameter of austenite ( $\gamma$ ) grain after the heat treatment is 1  $\mu\text{m}$  or lower but not higher than 3  $\mu\text{m}$ ; and a second wire drawing step wherein the heat treated wire material is subjected to wire drawing at a process temperature of 150° C or lower with a processing ratio of 50% or higher to obtain a steel wire having a tensile strength of 1,500 N/mm<sup>2</sup> or higher. In the first wire drawing step, strain-induced martensite ( $\alpha'$ ) is generated;  $\alpha'$  generated by the heat treatment is subjected to reverse transformation into  $\gamma$ ; and  $\gamma$  grains are made fine. In the second wire drawing,  $\alpha'$  is further generated to enhance the strength.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 30.11.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-231919

(P2003-231919A)

(43)公開日 平成15年8月19日(2003.8.19)

(51)Int.Cl.  
C 21 D 8/06  
C 22 C 38/00  
38/58

識別記号

3 0 2

F I  
C 21 D 8/06  
C 22 C 38/00  
38/58

テマコ-1\*(参考)  
B 4 K 0 3 2  
3 0 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全6頁)

(21)出願番号 特願2002-34151(P2002-34151)

(22)出願日 平成14年2月12日(2002.2.12)

(71)出願人 302061613

住友電工スチールワイヤー株式会社  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号

(72)発明者 藤野 善郎

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 松本 断

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

(74)代理人 100100147

弁理士 山野 宏 (外1名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ステンレス鋼線の製造方法

(57)【要約】

【課題】 特にはね材に必要とされる十分な強度が得られると共により低コストなステンレス鋼線の製造方法を提供する。

【解決手段】 C: 0.04重量%以上を含有するオーステナイト系ステンレス鋼線材に加工温度150°C以下、加工度60%以上90%以下の伸線加工を行う第一の伸線加工工程と、前記加工された線材に600°C以上900°C以下で熱処理を行って、熱処理後のオーステナイト(γ)結晶粒の最大径を1μm以上3μm以下とする熱処理工程と、前記熱処理された線材に加工温度150°C以下、加工度50%以上の伸線加工を行って引張強度が1500N/mm<sup>2</sup>以上の鋼線とする第二の伸線加工工程とを具える。第一の伸線加工で加工誘起マルテンサイト(α')を生成させ、熱処理で生成させたα'をγに逆変態を行うと共に、γ結晶粒を微細にする。更に、第二の伸線加工でα'を生成させ、強度の向上を図る。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%でC: 0.04%以上を含有するオーステナイト系ステンレス鋼線材に加工温度150°C以下、加工度60%以上90%以下の伸線加工を行う第一の伸線加工工程と、

前記加工された線材に600°C以上900°C以下の熱処理を行って、熱処理後のオーステナイト結晶粒の平均径を1μm以上3μm以下とする熱処理工程と、

前記熱処理された線材に加工温度150°C以下、加工度50%以上の伸線加工を行って引張強度が1500N/mm<sup>2</sup>以上の鋼線とする第二の伸線加工工程とを具えることを特徴とするステンレス鋼線の製造方法。

【請求項2】 オーステナイト系ステンレス鋼線材は、重量%でC: 0.04~0.15%、Si: 1.00%以下、Mn: 2.50%以下、Ni: 6.00~17.00%、Cr: 16.00~20.00%、Mo: 6.0%以下、残部がFe及び不可避不純物からなることを特徴とする請求項1に記載のステンレス鋼線の製造方法。

【請求項3】 更に、重量%でN: 0.15~0.25%を含有することを特徴とする請求項2に記載のステンレス鋼線の製造方法。

【請求項4】 オーステナイト系ステンレス鋼線材は、重量%でC: 0.04~0.15%、Si: 1.00超~2.00%、Mn: 2.50%以下、Ni: 6.00~17.00%、Cr: 16.00~20.00%、Mo: 6.0%以下、N: 0.15~0.25%、残部がFe及び不可避的不純物からなることを特徴とする請求項1に記載のステンレス鋼線の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ステンレス鋼線の製造方法に関する。特に、自動車や精密機械などのばね材として最適な高強度を有するステンレス鋼線の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、ばね材と用いられるオーステナイト系ステンレス鋼線の強化方法として、以下に示す方法が知られている。

## (1) C、Nの添加による固溶強化

この方法は、特定の元素を添加し、伸線加工によって加工硬化させる方法である。このような元素として、C、Nがある。これらの元素は、鋼中に侵入型で固溶し、またオーステナイト相を安定化させる元素であるため、伸線加工によってオーステナイト相を加工硬化させる場合、有効な元素である。

## 【0003】(2) 加工誘起マルテンサイト生成による強化

この方法は、加工誘起マルテンサイト( $\alpha'$ )の生成量を増加させることで鋼の高強度化を図るものである。準安定オーステナイト系ステンレス鋼は、伸線加工中に生成する加工誘起マルテンサイトによって著しく強化される

ことができる。そこで、従来、加工誘起マルテンサイトを積極的に生成させる方法として、以下の方法が採られている。

1) 室温以下で加工してマルテンサイトを安定させる(サブゼロ加工)。

2) 合金元素を調整してNi当量を下げて、マルテンサイトを発生させる上限の温度(Md点)を上げる。

【0004】(3) オーステナイト( $\gamma$ )結晶粒の微細化による方法

この方法は、加工誘起マルテンサイトからオーステナイト( $\gamma$ )への逆変態を利用して、 $\gamma$ 結晶粒を微細にすることで鋼を強化させる方法である。この強化方法として、例えば、「鉄と鋼vol.80 1994, No.10,N529」や特開平8-246106号公報に開示された技術がある。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記従来の強化方法では、以下の問題があった。

(1) C、Nによる固溶強化は、添加量に限度があり、十分な強度が得られない。Cの過剰な添加は、結晶粒界にCr炭化物を発生させ、耐食性を阻害する。また、Nの過剰な添加は、応力腐食割れを促進する。そのため、C、Nの添加量には限度がある。

【0006】(2) 加工誘起マルテンサイト生成による強化は、製造コストが高い。

従来、加工誘起マルテンサイト生成による強化は、強度向上に最も有効な方法としては、よく行われている。加工誘起マルテンサイトを生成させるためには、Md点(一般的には真ひずみ量0.30のときにマルテンサイト変態量50%を得る温度Mdを用いる)以下での加工が必要である。Md点以下にするために、1)室温以下の加工が行われているが、室温以下にするために液体窒素中で行うため、蒸発した液体窒素を常時補給しなければならず、作業性が悪いだけでなくコスト高にもなる。一方、2)Md点を上げるためにSUS304鋼からNi当量を下げた特殊な鋼種を用いることが行われているが、これもコストが高い。

【0007】(3)  $\gamma$ 結晶粒微細化による方法では、十分な強度が得られない。

例えば、上記「鉄と鋼」では、伸線加工→熱処理(焼鈍)の条件のみを開示したものであり、この条件だけでは、特に自動車や精密機械などのばね材として使用できるほどの強度が得られない。一方、特開平8-246106号公報に開示された技術では、加工誘起マルテンサイトからオーステナイトへの逆変態時に $\gamma$ 結晶粒を微細化し、更に伸線加工、時効処理を行っている。しかし、この技術では、炭化物の析出を防ぐためにCの含有量を0.03重量%以下としており、オーステナイトの加工硬化と、伸線加工によって生成される加工誘起マルテンサイトとによる強度向上の効果が十分得られず、伸線材において十分な強度が得られていない。

【0008】そこで、本発明の主目的は、特に、ばね材

に必要とされる十分な強度が得られると共に、より低コストなステンレス鋼線の製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、伸線加工条件、熱処理条件及びオーステナイト結晶粒径を規定することで上記の目的を達成する。

【0010】具体的には、本発明ステンレス鋼線の製造方法は、以下の工程を具えることを特徴とする。

① 重量%でC: 0.04%以上を含有するオーステナイト系ステンレス鋼線材に加工温度150°C以下、加工度60%以上90%以下の伸線加工を行う第一の伸線加工工程。

② 前記加工された線材に600°C以上900°C以下で熱処理を行って、熱処理後のオーステナイト結晶粒の平均径を1μm以上3μm以下とする熱処理工程。

③ 前記熱処理された線材に加工温度150°C以下、加工度50%以上の伸線加工を行って引張強度が1500N/mm<sup>2</sup>以上の鋼線とする第二の伸線加工工程。

【0011】即ち、本発明は、第一の伸線加工で、加工誘起マルテンサイトを十分に生成させ、次の熱処理で、生成させた加工誘起マルテンサイトをオーステナイトに逆変態を行うと共に、オーステナイト結晶粒を微細にする。そして、第二の伸線加工で、再び、加工誘起マルテンサイトを生成させて30体積%以上70体積%以下含有させることで強度の向上を図る。

【0012】従来、オーステナイト系ステンレス鋼の強化方法として、加工誘起マルテンサイトからオーステナイトへの逆変態を利用して、オーステナイト結晶粒を微細にして高強度化を図る方法が提案されている。しかし、従来は、前加工によりオーステナイトを加工誘起マルテンサイトへ変態させ、その後、低温で熱処理を行って微細なオーステナイトを得ることしか行われていなかった。これに対し、本発明は、逆変態の熱処理を行った後、更に、特定の条件で伸線加工を行うことでより加工硬化させる。

【0013】本発明において、伸線加工条件(伸線加工温度、伸線加工度)、熱処理条件、及びオーステナイト結晶粒径を規定する理由を以下に説明する。

【0014】伸線加工温度：伸線加工を行うと、加工発熱により鋼線の温度が上昇する。一方、強度に寄与する加工誘起マルテンサイトを十分に生成させるには、加工温度は低い方が好ましい。そこで、本発明は、加工誘起マルテンサイトを生成させる第一及び二の伸線加工工程において、加工温度を150°C以下に規定する。なお、本発明において加工温度とは、加工直後の鋼線表面の温度とする。

【0015】伸線加工度：第一の伸線加工後に行われる熱処理で平均径3μm以下のオーステナイト結晶粒を得るには、前加工である第一の伸線加工で、オーステナイトを加工誘起マルテンサイトに十分に変態させる必要があ

る。ここで、オーステナイトから加工誘起マルテンサイトへの変態量は、加工温度、加工度、及び合金元素の影響を受ける。例えば、同温度で伸線加工を行う場合、加工度が大きいほど、また同じ加工度で伸線加工を行う場合、加工温度が低いほど、変態量が大きくなる。そこで、本発明では、第一の伸線加工工程の伸線加工度を60%以上90%以下に規定する。一方、第二の伸線加工の伸線加工度は、加工誘起マルテンサイトを十分に生成させ、目標の1500N/mm<sup>2</sup>以上の強度を得るために50%以上とした。

【0016】熱処理条件：熱処理温度が600°C未満では、加工誘起マルテンサイトからオーステナイトへの逆変態が十分に起こらないため、熱処理後の伸線性を低下させる。900°C超であれば、オーステナイト結晶粒が粗大化してしまい、熱処理後に十分な強度が得られない。また、微細な炭化物を析出させることによってオーステナイト相の安定化を低め、熱処理後の第二の伸線加工工程で加工誘起マルテンサイトを十分に生成させる必要がある。これらの理由により、本発明は、熱処理温度を60°C以上900°C以下に規定する。

【0017】オーステナイト結晶粒径：結晶粒の微細化は、耐力と引張強度とを向上させる。そこで、従来は、熱処理後の結晶粒径の下限を規定せず、より微細な結晶を得ることで強度が向上できると考えられていた。しかし、本発明者らが種々検討した結果、熱処理後の結晶粒の平均径を1μm未満とする場合、全体に均一な結晶粒径を得ることが困難であり、未変態のマルテンサイト相が残存してしまい、却って伸線性を低下させてしまうという知見を得た。そこで、本発明では、微細で、かつ均一なオーステナイト相を得ることが可能な結晶粒径として、平均径を1μm以上3μm以下に規定した。この規定により、熱処理後の強度が十分で、かつ良好な伸線性を保持することができる。本発明は、上記のように熱処理前の加工度を60~90%と比較的大きくして加工誘起マルテンサイトの量を多くすることで、オーステナイトへ変態した際に結晶粒径を小さくする。また、熱処理温度を600~900°Cと比較的低くすることで、結晶粒の成長を抑制する。これらの条件により、本発明は、熱処理後の平均径が1μm以上3μm以下のオーステナイト結晶粒を得る。

【0018】本発明においてオーステナイト系ステンレス鋼線材は、重量%でC: 0.04~0.15%、Si: 1.00%以下、Mn: 2.50%以下、Ni: 6.00~17.00%、Cr: 16.00~20.00%、Mo: 6.0%以下、残余Feおよび不可避不純物からなることが好ましい。より好ましくは、更に、重量%でN: 0.15~0.25%を含有することである。また、Siの含有量を1.00超~2.00%以下にしてもよい。以下に、構成元素の選定及び成分範囲を限定する理由を述べる。

【0019】C: Cは、オーステナイト生成元素であり、強度向上のための重要な元素である。0.04%未満では、目標の1500N/mm<sup>2</sup>以上の強度が得られにくい。0.15%を

超えると粒界腐食が発生し易くなる。そこで、本発明では、Cの含有量を0.04%以上、特に0.15%以下とする。Cの含有量を0.04%以上、特に0.15%以下に規定することで、熱処理において $\gamma$ 結晶粒径を微細化すると共に、Cr炭化物を微細に析出させ、オーステナイト相を不安定化させる。オーステナイト相の不安定化により、熱処理後の第二の伸線加工において、加工誘起マルテンサイトの生成を増大させることができ、この伸線加工後において $1500\text{N/mm}^2$ 以上の強度が得られる。

【0020】Si: Siは、脱酸剤として添加する。強度を上昇させるために有効な元素であり、1.00%以下が適当である。一方、熱間加工性を低下させない程度に添加すると、強度向上と共に耐酸化性、耐熱性の向上に有効である。この場合、1.00%超2.00%以下が好ましい。

【0021】Mn: Mnは、オーステナイト生成元素であり、強度を向上させる。しかし、多すぎると耐食性を低下させるので2.50%以下とした。

【0022】Ni: Niは、オーステナイト系ステンレスの基本成分であり、オーステナイト相の安定化元素である。耐食性を高めるが、多すぎると強度を低下させるため6.0%以上17.0%以下とした。

【0023】Cr: Crは、Niと同様にオーステナイト系ステンレスの基本成分である。耐食性を向上させるが、多すぎると強度を低下させるので、16.0%以上20.0%以下とした。

【0024】Mo: Moは、耐食性を向上させるのに有効な元素である。高価な元素であり、多すぎるとコストを上昇させるため、上限を6.0%とした。

【0025】N: Nは、オーステナイト生成元素であり、強度向上のための重要な元素である。多すぎると応力腐\*30

数字は重量%

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N
A	0.068	0.28	1.21	18.32	8.64	0.22	0.034
B	0.091	0.48	0.82	19.24	13.55	0.23	0.210
C	0.045	0.80	2.11	17.25	7.20	2.55	0.034
D	0.075	1.35	1.28	18.20	8.66	5.04	0.200
E	0.033	0.26	1.31	18.24	8.51	0.22	0.030
F	0.065	0.32	1.25	21.55	8.60	0.25	0.036
G	0.010	0.25	0.32	16.50	0.18	0.20	0.025

【0029】

\* 食割れを発生するため、0.15%以上0.25%以下とした。

#### 【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。図1は、製造工程毎の金属組織の変化を模式的に示す説明図である。本発明は、図1に示すように、まず、通常の固溶化処理によって、オーステナイト組織Aを得る。この組織Aを有し、C: 0.04%以上を含有するオーステナイト系ステンレス鋼線材に加工温度150°C以下、加工度60%以上90%以下の伸線加工(第一の伸線加工)を行い、加工誘起マルテンサイト+オーステナイト組織Bを得る。次に、組織Bを有する鋼線材に600°C以上900°C以下で熱処理を行って、平均径が $1\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下の微細結晶粒からなるオーステナイト組織Cを得る。更に、組織Cを有する鋼線材に加工温度150°C以下、加工度50%以上の伸線加工(第二の伸線加工)を行って、加工誘起マルテンサイトとオーステナイトとが混在する加工組織を有する鋼線を得る。この製造工程により本発明は、引張強度が $1500\text{N/mm}^2$ 以上という高強度のステンレス鋼線が得られる。

【0027】(試験例)表1に記載の化学成分を有し、残部がFe及び不可避的不純物からなる鋼材を溶解鑄造し、鍛造後、熱間圧延、固溶化処理を行った鋼線材(5.5φmm)に、表2に示す条件で第一の伸線加工→熱処理→第二の伸線加工を順に実施した。そして、熱処理後の $\gamma$ 結晶粒の平均径、第二の伸線加工後の加工誘起マルテンサイト量及び引張強度を調べてみた。 $\gamma$ 結晶粒径は、鋼線の横断面の電解エッティングを行い、光学顕微鏡による写真撮影から計測した。結果を表2に示す。

#### 【0028】

#### 【表1】

【表2】

試料No	成分	第一の伸線加工 (熱処理前)		熱処理 温度 (°C)	熱処理後の $\gamma$ 平均粒径 ( $\mu$ m)	第二の伸線加工 (熱処理後)		加工誘起 マルテンサイト ( $\alpha'$ )量 (体積%)	引張 強度 (N/mm <sup>2</sup> )
		加工度 (%)	加工 温度 (°C)			加工度 (%)	加工 温度 (°C)		
1 A	30	125	800		10.1	50	127	51.0	1388
2 A	40	130	800		8.2	50	120	50.2	1432
3 A	50	132	800		5.3	50	130	51.6	1475
4 A	60	—	500	未変態	40%で 断線	—	—	—	—
5 A	60	130	1000		15.1	50	135	18.5	1375
6 A	60	125	1100		18.0	50	121	15.5	1360
7 A	60	140	600		1.8	50	122	63.5	1612
8 A	60	130	800		2.4	50	130	55.0	1575
9 A	60	135	900		2.3	50	141	51.5	1550
10 B	60	142	800		1.7	50	135	38.2	1525
11 B	60	125	900		2.2	50	135	37.5	1615
12 C	60	130	600		1.5	50	137	68.3	1038
13 C	60	132	900		1.9	50	130	65.5	1612
14 D	60	138	600		1.4	50	127	47.2	1530
15 D	60	140	900		2.1	50	126	45.0	1540
16 E	70	125	800		2.3	50	135	48.0	1378
17 F	80	168	800		10.0	50	172	7.5	1071
18 G	80	130	800		7.2	50	128	0	985

【0030】表2に示すように、試料No.7~15は、いずれも引張強度が1500N/mm<sup>2</sup>以上という優れた強度を有する。これに対し、試料No.1~3は、いずれも熱処理前の第一の伸線加工において加工度が低いため、熱処理後のオーステナイト( $\gamma$ )結晶粒が粗大となり、熱処理後の強度が十分に得られていない。試料No.4は、熱処理の温度が低いことで、加工誘起マルテンサイト( $\alpha'$ )から $\gamma$ への逆変態が完了しておらず加工性に乏しくなって第二の伸線加工中に断線してしまった。逆に、試料No.5及び6は、熱処理の温度が高いことで、 $\gamma$ 結晶粒が粗大化し、熱処理後の強度が十分に得られていない。試料No.16は、Cの含有量が低いことで、熱処理後の第二の伸線加工で生成される加工誘起マルテンサイトによる強度向上の効果が低く、目標の強度である1500N/mm<sup>2</sup>以上が得られていない。試料No.17は、熱処理前の第一の伸線加工において、加工温度が高いことで加工誘起マルテンサイトの生成量が少なく、熱処理後の $\gamma$ 結晶粒の平均径が3μm以下とならない。また、熱処理後の第二の伸線加工

でも、加工温度が高いことで加工誘起マルテンサイトの生成量が少なく、加工誘起マルテンサイト生成による強度向上の効果が低く、目標の強度を満たさない。試料No.18は、フェライト組織を有するフェライト系ステンレスであり、伸線加工によりマルテンサイトへの変態が生じない。そのため、加工誘起マルテンサイト生成による強度向上の効果が得られず、目標の強度を満たさない。

## 【0031】

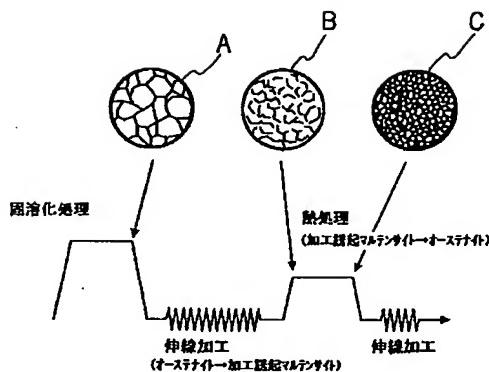
【発明の効果】以上説明したように本発明製造方法によれば、オーステナイト系ステンレス鋼を用い、特に、ばね材に用いられるのに必要な強度を有するステンレス鋼線が得られるという優れた効果を奏する。また、従来の製造工程を大きく変更せず伸線加工条件及び熱処理条件を規定しているため、高強度ステンレス鋼線をより低コストで得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】製造工程毎の金属組織の変化を模式的に示す説明図である。



【図1】




---

フロントページの続き

(72)発明者 河部 望  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

F ターム(参考) 4K032 AA04 AA05 AA13 AA16 AA17  
AA19 AA20 AA21 AA24 AA25  
AA32 BA02 CH04 CH05

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

### **IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**